

DEVRELER ve SİSTEMLER

BIMU2058 – CSBM2092

Yrd. Doç. Dr. Fatih KELEŞ

İÇERİK

- İşlemsel Kuvvetlendirici
- Op-Amp Devre Elemanı
- İdeal Op-Amp
- Çeşitli Op-Amp'lı Devreler
- Gerçek Op-Amp
- Op-Amp'ın İdealleştirilmesi

2

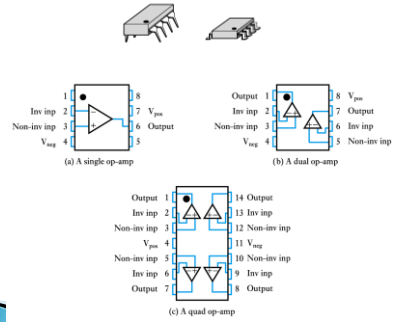
İşlemsel Kuvvetlendirici – OpAmp (Operational Amplifier)

- İşlemsel kuvvetlendirici kısaca op-amp, elektronik uygulamalarda günlük kullanımlarda yaygın olarak karşımıza çıkar.
- Op-Amp toplama, çıkarma, çarpma, bölme, türev ve integral alma gibi matematiksel işlemleri elektriksel olarak gerçekleştirmeye yarar.



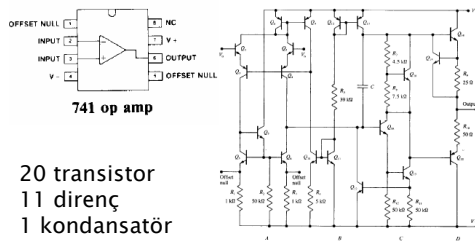
3

Op-Amp Entegre Devreleri



4

Op-Amp Entegresinin İçyapısı

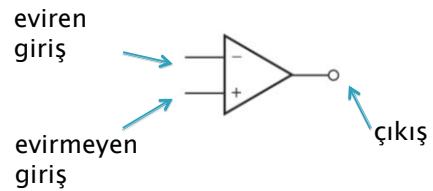


20 transistor
11 direnç
1 kondansatör

5

Op-Amp Devre Elemanı

- Op-amp'ın başlıca üç tane ucu vardır:



6

İdeal Op-Amp

İdeal Op-Amp Kuralları

- Giriş uçlarından içeri ya da dışarı akım akmaz.

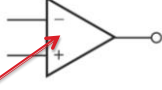
$$I^- = 0 \text{ ve } I^+ = 0$$

- Giriş uçları arasında gerilim farkı yoktur yani gerilimleri eşittir.

$$V^- = V^+$$

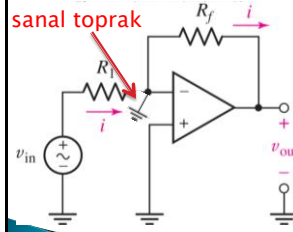
sanal kısa-devre

Op-amp bunun gerçekleşmesi için çalışır!



Eviren (Inverting) Kuvvetlendirici

- KVL, Ohm yasası ve ideal op-amp kuralları uygulanarak çözülebilir.



$$-v_{in} + R_1 i + R_f i + v_{out} = 0$$

$$v_{out} = v_{in} - (R_1 + R_f)i$$

$$-v_{in} + R_1 i + 0 = 0$$

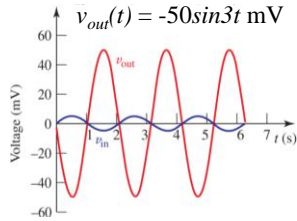
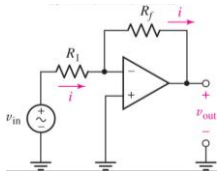
$$i = \frac{v_{in}}{R_1} \quad v_{out} = -\frac{R_f}{R_1} v_{in}$$

- veya KCL uygulanarak;

$$\frac{v_{in}}{R_1} = -\frac{v_{out}}{R_f} \quad v_{out} = -\frac{R_f}{R_1} v_{in}$$

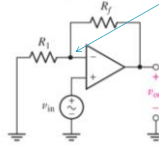
Eviren (Inverting) Kuvvetlendirici

Örnek: $v_{in}(t) = 5 \sin 3t$ mV, $R_f = 47k\Omega$, $R_1 = 4,7k\Omega$



Evirmeyen (Non-inverting) Kuvvetlendirici

Bu düğüme KCL uygulanırsa;

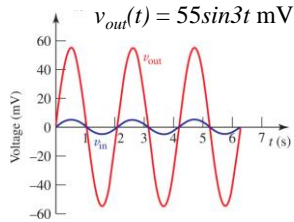
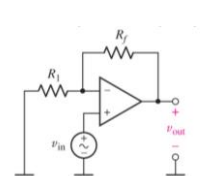


$$0 = \frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{in} - v_{out}}{R_f}$$

$$v_{out} = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) v_{in}$$

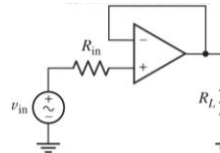
Evirmeyen (Non-inverting) Kuvvetlendirici

Örnek: $v_{in}(t) = 5 \sin 3t$ mV, $R_f = 47k\Omega$, $R_1 = 4,7k\Omega$



Gerilim İzleyici - Tampon (Buffer)

- Çıkış gerilimi giriş gerilimini takip eder.

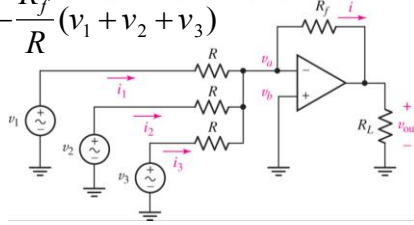


$$v_{out}(t) = v_{in}(t)$$

- Bu buffer (tampon) ile kaynaktan ihmal edilebilir bir akım ve güç çekilirken yüke oldukça yüksek bir akım ve güç sağlanmış olur.
- Böylece kaynak yüklenmemiş olur.

Gerilim Toplayıcı

$$v_{out} = -\frac{R_f}{R}(v_1 + v_2 + v_3)$$

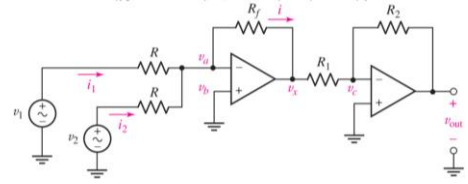


Bu devre toplama işlemi yapar ve aynı zamanda $-R_f/R$ oranında kuvvetlendirir.

13

Kaskad Kuvvetlendirici

Ard arda bağlanmış opampli kuvvetlendirici yapısı



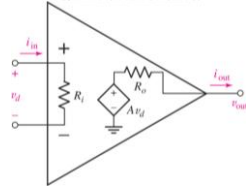
$$v_x = -\frac{R_f}{R}(v_1 + v_2) \quad v_{out} = -\frac{R_2}{R_1}v_x \quad v_{out} = \frac{R_2}{R_1} \frac{R_f}{R}(v_1 + v_2)$$

14

Daha Detaylı OpAmp Modeli

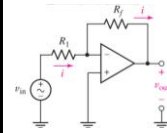
Bir opamp bağımlı gerilim kaynağı ve dirençlerle modellenebilir:

- Giriş direnci: R_i
- Çıkış direnci: R_o
- Açık çevrim kazancı: A



15

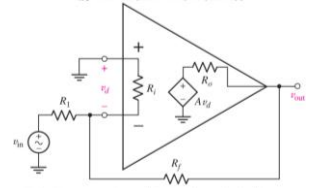
Bir Gerçek OpAmp ile Eviren Kuvvetlendirici



741 opampı ($A=200.000$, $R_i=2M\Omega$, $R_o=75\Omega$)
 $v_{out}(t) = -49,997\sin 3t$ mV.

İdeal opampda ise; $v_{out}(t) = -50\sin 3t$ mV.

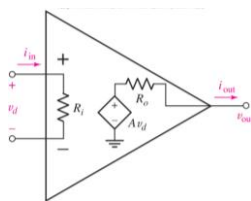
Örnek:
 $v_{in}(t) = 5\sin 3t$ mV,
 $R_i = 47$ k Ω ,
 $R_f = 4,7$ k Ω



16

İdeal Op-Amp

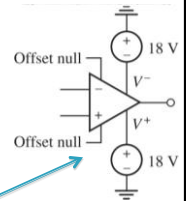
Eğer, $A=\infty$, $R_o=0$ Ω , and $R_i=\infty$ Ω ise op-amp ideal bir op-amp'tır ve ideal op-amp kuralları geçerlidir. ($v_d=0$ and $i_{in}=0$)



17

OpAmp'ın Beslemeleri

- Bir opamp beslemelere ihtiyaç duyar.
- Genelde, eşit ve zıt gerilimler V^+ ve V^- uçlarına bağlanır.
- Tipik değerleri 5 ilâ 24 volt arasındadır.



Bu örnekte +18V ve -18V bağlanmış

18

OpAmp'ın Doyuma Gitmesi

$v_{out} = 10v_{in}$ olsun, fakat ancak ± 18 V beslemeye kadar çıkış üretebilir.

